

No English title available.

Patent Number: DE19647063
Publication date: 1998-05-20
Inventor(s): MANN EGON (DE); BUCK GERHARD (DE)
Applicant(s): ZAHNRADFABRIK FRIEDRICHSHAFEN (DE)
Requested Patent: ☐ DE19647063
Application Number: DE19961047063 19961114
Priority Number(s): DE19961047063 19961114
IPC Classification: F16D3/18; B66B11/04
EC Classification: B66B11/04R3, F16D3/18C, F16D3/20
Equivalents: CN1236421, ☐ EP0937209 (WO9821495), KR2000053275, ☐ WO9821495

Abstract

According to the present invention, the axial constructive length of a transporting device is shortened in such a way that a brake (24) is mounted on an elongated free end of the motor shaft (3) of the electric motor (1) and that the motor shaft (3) of the electric motor (1) is connected via a positive fitting coupling (7) to a sun gear shaft (9) of the planetary gear (8). The coupling (7) has an outer part (12) with an internal catching profile (13) and an inner part (11) with an external catching profile (14). At least one of the catching profiles (13 or 14) has a longitudinally crowned configuration.

Data supplied from the esp@cenet database - I2



①⑨ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 196 47 063 A 1**

⑤① Int. Cl.⁶:
F 16 D 3/18
B 66 B 11/04

②① Aktenzeichen: 196 47 063.3
②② Anmeldetag: 14. 11. 96
②③ Offenlegungstag: 20. 5. 98

DE 196 47 063 A 1

⑦① Anmelder:
ZF Friedrichshafen AG, 88046 Friedrichshafen, DE

⑦② Erfinder:
Buck, Gerhard, 88048 Friedrichshafen, DE; Mann,
Egon, 88045 Friedrichshafen, DE

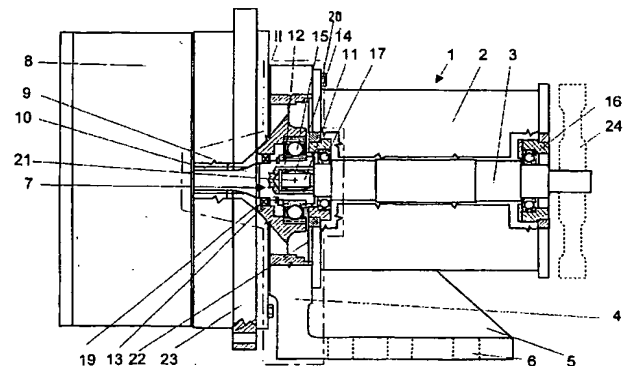
⑤⑥ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
zu ziehende Druckschriften:

DE	35 31 472 C2
DE	38 40 281 A1
DE	31 12 090 A1
DE	29 45 357 A1
DE	85 13 219 U1
CH	1 46 422
FR	14 10 767
US	47 04 096

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤④ Antrieb für eine stationäre Fördereinrichtung

⑤⑦ Die Erfindung betrifft einen Antrieb für eine stationäre Fördereinrichtung, z. B. für Aufzüge, Fahrtreppen, Fahrstege usw. Da für diese Antriebe in der Regel nur ein begrenzter Einbauraum zur Verfügung steht, müssen sie vor allen Dingen in axialer Richtung kurz bauen. Gleichzeitig sollen sie einen guten Wirkungsgrad haben und geräuscharm laufen. Antriebe mit einem Elektromotor (1) und einem Planetengetriebe (18) haben sich im allgemeinen bewährt. Es besteht die Aufgabe, die axiale Baulänge weiter zu verkürzen. Bei der vorliegenden Erfindung wird diese Aufgabe dadurch gelöst, daß eine Bremse (24) auf einem verlängerten freien Ende der Antriebswelle (3) des Elektromotors (1) angeordnet ist und die Antriebswelle (2) des Elektromotors (1) über eine formschlüssige Kupplung (7) mit einer Sonnenradwelle (9) des Planetengetriebes (8) verbunden ist. Die Kupplung (7) besitzt ein äußeres Teil (12) mit einem inneren Mitnahmeprofil (13) und ein inneres Teil (11) mit einem äußeren Mitnahmeprofil (14). Mindestens eines der Mitnahmeprofile (13 oder 14) ist in Längsrichtung ballig ausgeführt. Der durch die Balligkeit sich ergebende Drehpunkt (21) der Mitnahmeprofile (13, 14) liegt etwa in der Mitte eines Kugellagers (15), mit dem das äußere Teil (12) der Kupplung (7) in einem Antriebsgehäuse (4) gelagert ist.



DE 196 47 063 A 1

Die Erfindung betrifft einen Antrieb für eine stationäre Fördereinrichtung mit den Merkmalen nach dem Oberbegriff von Anspruch 1.

Stationäre Fördereinrichtungen für Personen und Güter sind weit verbreitet, z. B. als Aufzüge, Fahrtreppen, Fahrstege, usw. Sie laufen mit relativ niedrigen Geschwindigkeiten; z. B. bei Personen- oder Lastenaufzügen in den meisten Fällen unter 4 m/s. Entsprechend niedrig ist die Drehzahl an einer Abtriebswelle des Antriebs. Diese können von Elektromotoren mit günstigem Wirkungsgrad nicht direkt zur Verfügung gestellt werden, sondern erfordern ein nachgeschaltetes Untersetzungsgetriebe. Ferner sind Bremsen vorgesehen, um die Fördereinrichtung abzubremesen und bei Bedarf und im Notfall stillzusetzen. Damit die Fördereinrichtungen unabhängig vom Belastungszustand innerhalb eines Toleranzbereiches verzögert werden, müssen zusätzliche Schwungmassen, insbesondere bei Fahrtreppen, angeordnet oder entsprechend geregelte Elektromotoren oder Bremsen, insbesondere bei Aufzügen, verwendet werden.

Alle Bestandteile des Antriebs sind oftmals unter schwierigen zugänglichen Bedingungen auf engstem Raum zu installieren. Wegen des beengten Einbauraums sind sie nur mit Mühe zu warten. Sie werden daher aus selbständigen, demontierbaren Einheiten zusammengesetzt, die zusammengefügt einen kompakten Block ergeben.

Ein Antrieb der eingangs beschriebenen Art ist aus der DE-A1 38 40 281 für Hebezeuge bekannt. Dabei sind an einem mittleren Bremsgehäuse an gegenüberliegenden Seiten ein Elektromotor und ein Planetengetriebe angeflanscht. Das Planetengetriebe ist ein zweistufiges Standgetriebe, bei dem der Planetenträger der zweiten Stufe am Bremsgehäuse angeflanscht ist und als Nabenträger dient. Die Nabe ist drehfest mit Hohlradern des Planetengetriebes verbunden und trägt eine Treibscheibe in Form einer Seilscheibe für Aufzüge oder im Falle von Fahrtreppen und Fahrstegen in Form eines Kettenkranzes.

Eine Antriebswelle des Elektromotors treibt über eine formschlüssige Kupplung eine Sonnenradwelle eines Sonnenrades einer ersten Planetenstufe des Planetengetriebes an. Der äußere Teil der Kupplung, an dem die Sonnenradwelle mit dem Sonnenrad einstückig angeformt sein kann, ist mittels eines Rillenkugellagers axial fest im Bremsgehäuse gelagert und durch eine Wellendichtung abgedichtet. Das äußere Teil der Kupplung ragt in das Bremsgehäuse und trägt eine Bremscheibe einer elektrisch betätigten Bremse. Bei einer solchen Anordnung ist es nicht möglich, daß sich das Sonnenrad frei zwischen den Planetenrädern des Planetengetriebes einstellen kann, ohne den Lauf der Bremscheibe negativ zu beeinflussen, was die Laufruhe und Lebensdauer des Planetengetriebes und der Bremse vermindert.

Vor allem von Antrieben für Fördereinrichtungen, die in Gebäuden installiert sind, verlangt man, daß sie mit einem hohen Wirkungsgrad arbeiten, wenig Einbauraum beanspruchen, gut zu warten sowie störunanfällig sind und keine unangemessene Wärme und Geräusche entwickeln.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, unter Berücksichtigung der obigen Anforderungen, vor allem die axiale Baulänge des Antriebs zu reduzieren.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die Merkmale des Anspruchs 1 gelöst, während vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung den Unteransprüchen entnommen werden können.

Beim Stand der Technik ist die Antriebswelle im Motor durch jeweils ein Kugellager an den Enden der Antriebswelle axial und radial gelagert. Die Antriebswelle muß prä-

zise gelagert sein, damit das Spiel zwischen dem Anker und dem Rotor des Motors klein gehalten werden kann, um einen guten Wirkungsgrad und geringe Geräusche zu erreichen. Um einen Achsversatz oder Winkelversatz der Antriebswelle zur Sonnenradwelle auszugleichen, wird in der Regel zwischen beiden eine Kupplung, insbesondere eine elastische Kupplung, angeordnet.

Nach der Erfindung wird diese Kupplung durch eine Kupplung mit einem balligen Mitnahmeprofil ersetzt, die in axialer Richtung kürzer baut und aufgrund des balligen Mitnahmeprofiles in der Lage ist, einen Winkelversatz auszugleichen.

Zweckmäßigerweise wird das äußere Teil der Kupplung im Antriebsgehäuse mittels eines Kugellagers gelagert und der durch die Balligkeit der Mitnahmeprofile gegebene Schwerpunkt etwa in die Mitte des Kugellagers gelegt. Dadurch kann sich die Sonnenradwelle mit dem Sonnenrad innerhalb der gegebenen Toleranzen und Winkelbegrenzungen schwimmend zwischen den Planeten des Planetengetriebes einstellen.

Dies ergibt eine gute Lastverteilung mit geringen Laufgeräuschen. Die Bremse ist auf der dem Planetengetriebe gegenüberliegenden Seite des Elektromotors auf der verlängerten Antriebswelle angeordnet. Sie beeinflusst damit nicht die Lagerung der Sonnenradwelle und des Sonnenrades. Andererseits wirkt sich eine Verlagerung des Sonnenrades nicht auf den Lauf der Bremscheibe aus.

Die axiale Baulänge kann weiter verkürzt werden, wenn die Kupplungsteile einstückig mit der Sonnenradwelle bzw. der Antriebswelle verbunden sind. Ist das äußere Teil der Kupplung mit der Sonnenradwelle verbunden und somit im Antriebsgehäuse gelagert, kann sich die Sonnenradwelle mit dem Sonnenrad innerhalb des Lagerspiels frei zwischen den Planetenrädern einstellen. Ist das äußere Kupplungsteil mit der Antriebswelle des Elektromotors verbunden, so ergibt sich eine sehr präzise Lagerung der Antriebswelle, insbesondere wenn das Lagerspiel des Kugellagers klein gewählt wird. Das Sonnenrad kann sich dann innerhalb des durch die Balligkeit gegebenen Schwenkwinkels, sowie des Spiels zwischen den Mitnahmeprofilen zwischen den Planetenrädern einstellen. Im ersten und vor allem im zweiten Fall kann das getriebeseitige Motorlager entfallen, da die Lagerung der Antriebswelle über das Kugellager im Antriebsgehäuse ausreicht. Dadurch verkürzt sich die axiale Baulänge ebenfalls. In diesem Fall ist es zweckmäßig, das verbleibende Motorlager als Festlager auszubilden und die Antriebswelle an ihrem gegenüberliegenden Ende in einer Vorzentrierung zu zentrieren. Die Vorzentrierung schützt den Motor auf dem Transport und erleichtert seine Montage. Sie umgibt die Antriebswelle mit einem solchen Spiel, daß sich die Antriebswelle nach der Montage des gesamten Antriebs in der Vorzentrierung frei drehen kann.

Um die Geräusche zu vermindern und die Haltbarkeit zu verbessern kann es zweckmäßig sein, die Mitnahmeprofile zu beschichten, z. B. mit verschleißmindernden, korrosionshemmenden oder schwingungsdämpfenden Schichten aus Metall oder Kunststoff.

In der Beschreibung und in den Ansprüchen sind zahlreiche Merkmale im Zusammenhang dargestellt und beschrieben. Der Fachmann wird die kombinierten Merkmale zweckmäßigerweise im Sinne der zu lösenden Aufgaben auch einzeln betrachten und zu sinnvollen weiteren Kombinationen zusammenfassen. Weitere Vorteile ergeben sich aus der Beschreibung von Ausführungsbeispielen anhand der Zeichnungen.

In der Zeichnung sind Ausführungsbeispiele dargestellt. Es zeigt:

Fig. 1 einen erfindungsgemäßen Antrieb in einem Teil-

querschnitt,

Fig. 2 eine Ausschnittsvergrößerung entsprechend der Linie II in **Fig. 1**,

Fig. 3 eine Variante der Ausführung nach **Fig. 2** und

Fig. 4 einen Fahrtreppenantrieb mit einem Elektromotor, der ein Fußgehäuse aufweist.

Mit **1** ist ein Elektromotor bezeichnet, in dessen Motorgehäuse **2** eine Antriebswelle **3** über ein erstes Motorlager **16** und ein zweites Motorlager **17** radial und axial gelagert ist.

Das Motorgehäuse **2** ist an einem Antriebsgehäuse **4** angeflanscht, das einen Gehäusefuß **5** hat. Schraubenlöcher **6** im Gehäusefuß **5** dienen zur Befestigung des Antriebsgehäuses **4** auf einem nicht dargestellten Fundament oder einer Montageplatte.

Dem Elektromotor **1** gegenüber ist am Antriebsgehäuse **4** ein Planetengetriebe **8** angeflanscht. Zur Befestigung des Elektromotors **1** und des Planetengetriebes **8** dienen Schrauben **20**.

Das Planetengetriebe **8** besitzt am Eingang ein Sonnenrad **10** mit einer Sonnenradwelle **9**, die über eine Kupplung **7** mit der Antriebswelle **3** verbunden ist. Die Kupplung **7** hat ein äußeres Teil **12** mit einem inneren Mitnahmeprofil **13**, das einstückig mit der Sonnenradwelle **9** ausgebildet ist, und ein inneres Teil **11** mit einem äußeren Mitnahmeprofil **14**, das mit der Antriebswelle **3** einstückig verbunden ist (**Fig. 1-3**).

Die Mitnahmeprofile **13** und **14** können in axialer Richtung einzeln oder zusammen ballig ausgeführt werden. Damit entsteht eine drehfeste Gelenkverbindung in einem kleinen Bauraum. Ist nur eines der Mitnahmeprofile **13** oder **14** ballig ausgeführt, können sich die Mitnahmeprofile **13**, **14** ineinander axial verschieben und einen Längenausgleich zwischen diesen Teilen bewirken. Der Längenausgleich kann durch Temperatureinflüsse und Fertigungstoleranzen erforderlich sein. In den gezeigten Beispielen ist das äußere Mitnahmeprofil **14** des inneren Teils **11** der Kupplung **7** ballig ausgeführt.

Das äußere Teil **12** der Kupplung **7** ist radial durch ein Kugellager **15** im Antriebsgehäuse **4** gelagert. Dabei kann es sich in einer Richtung axial an der Antriebswelle **3** abstützen, während es sich in der anderen Richtung axial an dem Kugellager **15** abstützt. Wird das Kugellager **15** als Festlager ausgebildet (**Fig. 3**), kann die axiale Abstützung an der Antriebswelle **3** entfallen.

Die Sonnenradwelle **9** kann sich mit dem Sonnenrad **10** innerhalb des Lagerspiels des Kugellagers **15** schwenken und somit schwimmend auf die nicht näher dargestellten Planetenräder des Planetengetriebes **8** einstellen. Durch die Schwenkbewegung der Sonnenradwelle **9** wird die Antriebswelle **3** nicht beeinflusst, da sie sich gegenüber der Sonnenradwelle **9** wegen der Balligkeit mindestens eines der Mitnahmeprofile **13**, **14** verschwenken kann. Dennoch ist die Lagerung der Antriebswelle **3** präzise genug, so daß das zweite Motorlager **17** entfallen kann. Dadurch gewinnt man zusätzlich axialen Bauraum.

Entfällt das zweite Motorlager **17**, ist es zweckmäßig, daß das erste Motorlager **16** als Festlager ausgestaltet wird, indem es sowohl im Motorgehäuse **2** als auch auf der Antriebswelle **3** axial fixiert wird (**Fig. 4**).

Damit sich die Antriebswelle **3**, wenn das zweite Motorlager **17** fehlt, nicht während des Transportes radial frei bewegen kann, wodurch der Elektromotor **1** beschädigt werden könnte, ist eine Vorzentrierung **18** in Form einer Scheibe vorgesehen, die die Antriebswelle **3** mit einem solchen Spiel umgibt, daß die Antriebswelle **3** sich nach der Montage des gesamten Antriebs **4** frei in der Vorzentrierung **18** drehen kann. Da die Vorzentrierung **18** die Antriebswelle **3** während der Montage ausgerichtet hält, wird auch die Montage

des Elektromotors **1** am Antriebsgehäuse **4** selbst erleichtert.

Der ruhige Lauf und Wirkungsgrad des Elektromotors **1** hängen im wesentlichen von dem geringen Spiel ab, das zwischen einem nicht näher dargestellten Rotor auf der Antriebswelle **3** und einem Anker im Motorgehäuse **2** eingehalten werden kann. Es ist daher besonders wichtig, daß die Antriebswelle **3** präzise gelagert ist. Aus diesem Grunde ist es zweckmäßig, daß das äußere Teil **12** der Kupplung **7** einstückig mit der Antriebswelle **3** verbunden ist und somit über das Kugellager **15** mit geringem Lagerspiel präzise im Antriebsgehäuse **4** gelagert ist. Dabei wird das Antriebsgehäuse **4** über einen Zentrierbund **22** gegenüber dem Motorgehäuse **2** zentriert oder einstückig mit diesem ausgebildet (**Fig. 3** und **4**). In diesem Fall wird das Motorgehäuse **2** zu einem sogenannten Fußgehäuse, das das Planetengetriebe trägt.

Wenn die Sonnenradwelle **9** mit dem inneren Teil **11** der Kupplung **7** verbunden ist, wird sie nicht mehr durch das Kugellager **15** axial in beiden Richtungen gelagert, so daß für die axiale Festlegung eine besondere Vorkehrung getroffen werden muß, insbesondere wenn aus Geräuschgründen und wegen eines günstigeren Zahneingriffs eine Schrägverzahnung gewählt wird.

Das Planetengetriebe **8** ist ein sogenanntes Standgetriebe, bei dem ein Glied des Getriebes, z. B. ein Planetenträger oder ein Hohlrad, feststeht und mit dem Antriebsgehäuse **4** fest verbunden ist. Um die Baulänge zu verringern, ist es zweckmäßig, das Glied als Deckel für das Antriebsgehäuse **4** bzw. für das Motorgehäuse **2** auszubilden.

Gleichzeitig dient dieses Teil als Nabenträger eines rotierenden Gehäuseteils, an dem ein Flansch **23** zur Befestigung eines Treibrades, z. B. in Form einer Seilscheibe oder eines Kettenrades befestigt werden kann.

Antriebe für Aufzüge besitzen in der Regel eine aufwendige Steuerung, durch die die Fahrgeschwindigkeit und die Positionierung der Fahrstühle zu den Stockwerken genau eingehalten wird. Deshalb kann auf Schwungscheiben weitgehend verzichtet werden. Eine Bremse **24** ist zweckmäßigerweise auf einem verlängerten, freien Ende der Antriebswelle **3** montiert. Bei Fahrtreppen werden in der Regel einfachere Elektromotoren **1** verwendet und die Bremse so ausgelegt, daß die Fahrtreppe bei voller Belastung und Abwärtsfahrt nicht unzulässig nachlaufen kann, wenn sie stillgesetzt wird. Um zu verhindern, daß sie bei geringer Auslastung wegen des geringen Gewichts und der kleinen Massenträgheit zu stark abbremst, so daß es für die Benutzer unangenehm, ja sogar gefährlich ist, verwendet man eine Schwungscheibe **25**, und zwar ebenfalls auf der nach außen verlängerten Antriebswelle **3**. Gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung wird vorgeschlagen, daß eine Schwungmasse **26** im Inneren des Motorgehäuses **2** angeordnet wird. Diese Schwungmasse **26** dient zu einer Grundeinstellung des Fahrtreppenantriebs, während die zusätzliche kleinere Schwungscheibe **25** auf dem äußeren Teil der Antriebswelle **3** zur Abstimmung des Antriebs auf die jeweilige Fahrtreppenart und -größe bzw. auf den jeweiligen Einsatzfall dient.

Bezugszeichenliste

- 1 Elektromotor
- 2 Motorgehäuse
- 3 Antriebswelle
- 4 Antriebsgehäuse
- 5 Gehäusefuß
- 6 Schraubenlöcher
- 7 Kupplung
- 8 Planetengetriebe

9 Sonnenradwelle
 10 Sonnenrad
 11 inneres Teil der Kupplung
 12 äußeres Teil der Kupplung
 13 inneres Mitnahmeprofil
 14 äußeres Mitnahmeprofil
 15 Kugellager
 16 erstes Motorlager
 17 zweites Motorlager
 18 Vorzentrierung
 19 Wellendichtung
 20 Schraube
 21 Drehpunkt
 22 Zentrierbund
 23 Flansch
 24 Bremse
 25 Schwungscheibe
 26 Schwungmasse

Patentansprüche

5

10

15

20

che, dadurch gekennzeichnet, daß das Motorgehäuse (2) einstückig mit dem Antriebsgehäuse (4) verbunden und ein Fußgehäuse ist, an das das Planetengetriebe (8) angeflanscht ist.

11. Antrieb nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß das Planetengetriebe (8) ein stillstehendes Teil aufweist, das mit dem Antriebsgehäuse (4) verbunden ist und als ein Deckel und ein Nabenträger dient.

12. Antrieb nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß im Motorgehäuse (2) eine Schwungmasse (26) und außerhalb des Motorgehäuses (2) auf einem freien Ende der Antriebswelle (3) eine zusätzliche Schwungscheibe (25) angeordnet ist.

 Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

1. Antrieb für eine stationäre Fördereinrichtung, im wesentlichen bestehend aus einem Elektromotor (1) mit einer Antriebswelle (3) und einem Planetengetriebe (8) mit einem Sonnenrad (10) und einer Sonnenradwelle (9), die über eine formschlüssige Kupplung (7) mit der Antriebswelle (3) verbunden ist, wobei ein inneres Teil (11) der Kupplung (7) mit einem äußeren Mitnahmeprofil (14) in ein inneres Mitnahmeprofil (13) eines äußeren Teils (12) der Kupplung (7) eingreift und die Kupplung (7) in einem Antriebsgehäuse (4) gelagert ist, **dadurch gekennzeichnet**, daß mindestens ein Mitnahmeprofil (13, 14) in Längsrichtung ballig, jedoch spielfrei, ausgeführt ist.

2. Antrieb nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das äußere Teil (12) der Kupplung (7) in einem Kugellager (15) gelagert ist und der durch die Balligkeit der Mitnahmeprofile (13, 14) gegebene Schwenkpunkt (21) etwa in der Mitte des Kugellagers (15) liegt.

3. Antrieb nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Kugellager (15) ein Festlager ist.

4. Antrieb nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß eine Bremse (24) auf einem verlängerten, freien Ende der Antriebswelle (3) angeordnet ist.

5. Antrieb nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Mitnahmeprofile (13, 14) eine Beschichtung aufweisen.

6. Antrieb nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das äußere Teil (12) der Kupplung (7) mit der Antriebswelle (3) einstückig ausgebildet ist.

7. Antrieb nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß das Kugellager (15) abgedichtet ist und zwischen dem Antriebsgehäuse (4) und dem äußeren Teil (12) der Kupplung (7) getriebeseitig vom Kugellager eine Wellendichtung (19) angeordnet ist.

8. Antrieb nach einem der Ansprüche 3 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Antriebswelle (3) auf der vom Planetengetriebe (8) abweisenden Seite durch ein Festlager (16) und auf der zum Planetengetriebe (8) weisenden Seite in der Kupplung (7) gelagert ist.

9. Antrieb nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Antriebswelle (3) auf der zum Planetengetriebe (8) weisenden Seite durch eine mit einem Motorgehäuse (2) verbundene Vorzentrierung (18) zentriert ist.

10. Antrieb nach einem der vorhergehenden Ansprü-

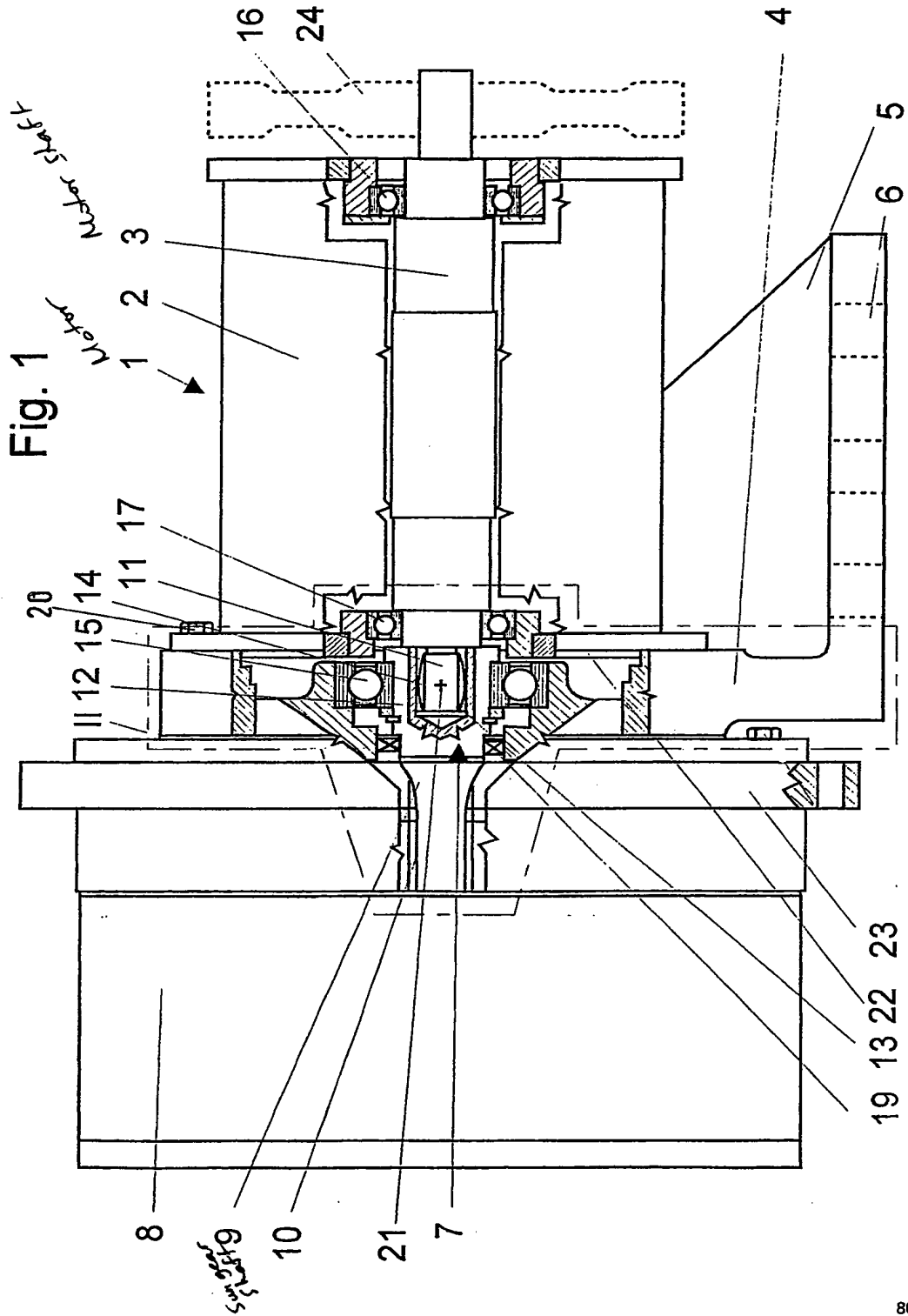
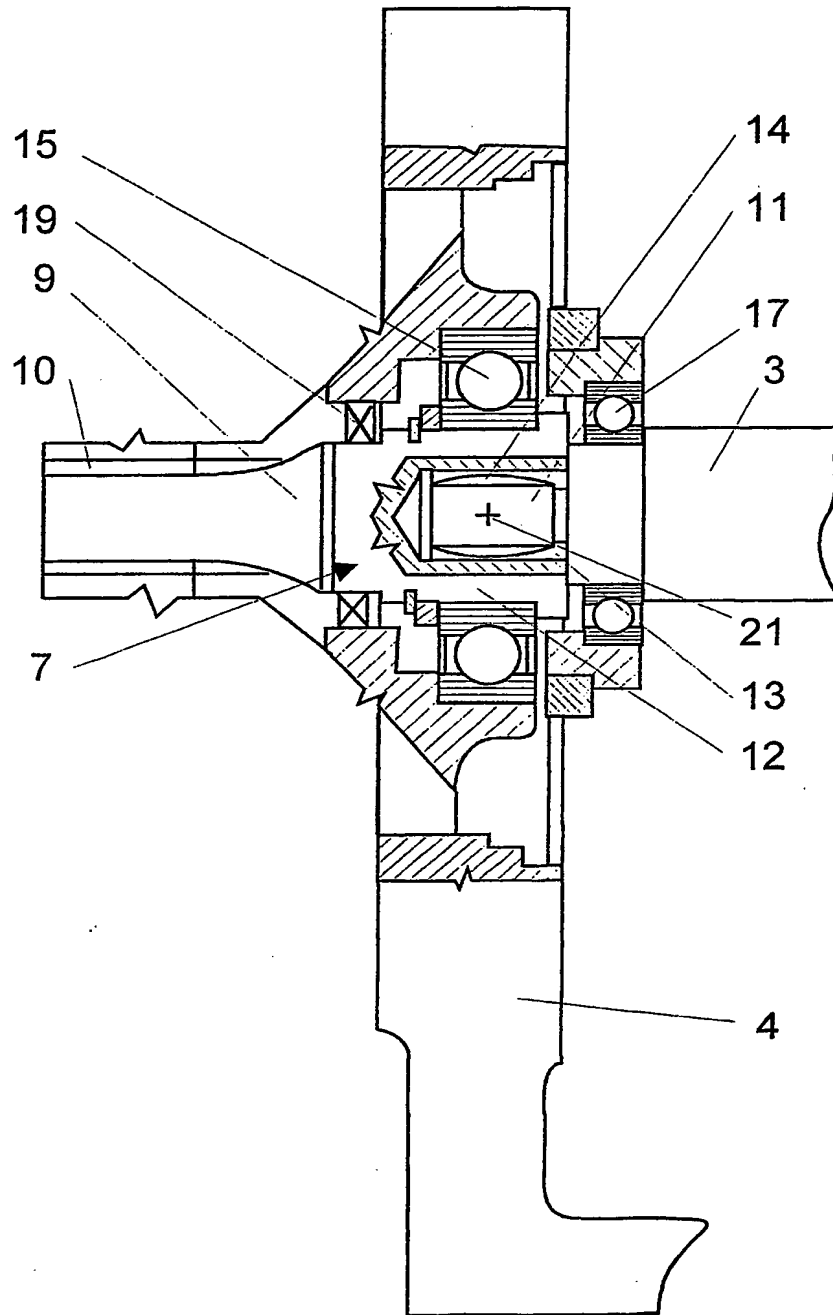


Fig. 2



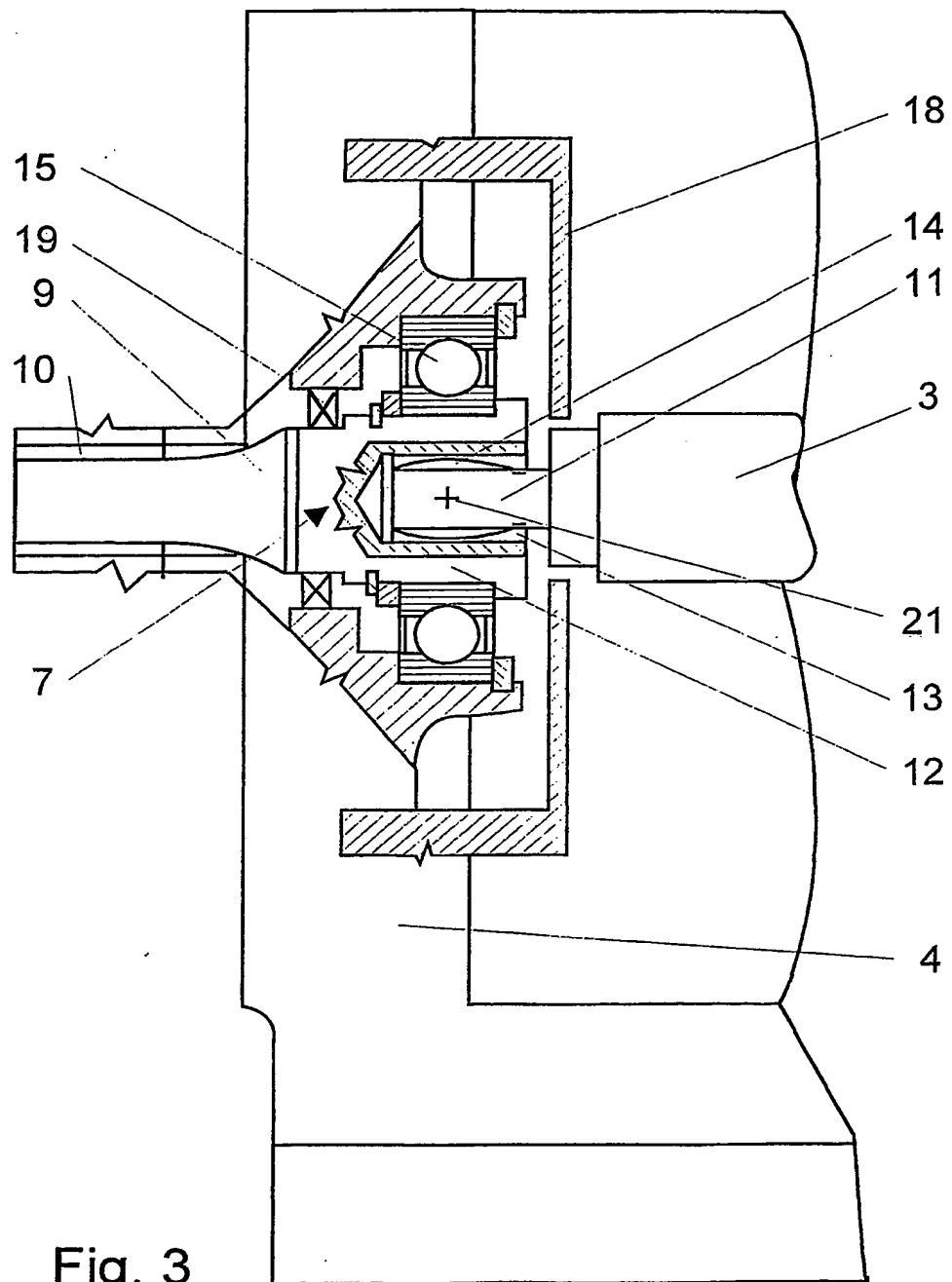


Fig. 4

